

Ávila, del 27 al 29 de septiembre de 2022

## Medidas de reflectancia solar y emisividad de materiales urbanos Fiabilidad de las medidas in-situ con equipos portátiles

Gloria Pérez, Fernando Martín-Consuegra, Arturo Martínez, Borja Frutos,  
Carmen Alonso, Fernando de Frutos y Ana Guerrero



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID



Proyecto PID2020-114873RB-C31  
financiado por



## Materiales urbanos optimizados para ciudades más habitables y sostenibles

Aproximación multidisciplinar para el análisis sistemático de casos de estudio representativos de **zonas vulnerables de la ciudad de Madrid**. El objetivo es generar:

- conocimiento sobre **el impacto de los materiales urbanos** en la habitabilidad y sostenibilidad de las ciudades
- una propuesta fiable para mejorar la **calidad del ambiente exterior**, la demanda energética y el bienestar de los habitantes **mediante la sustitución de materiales de revestimiento exterior opacos**

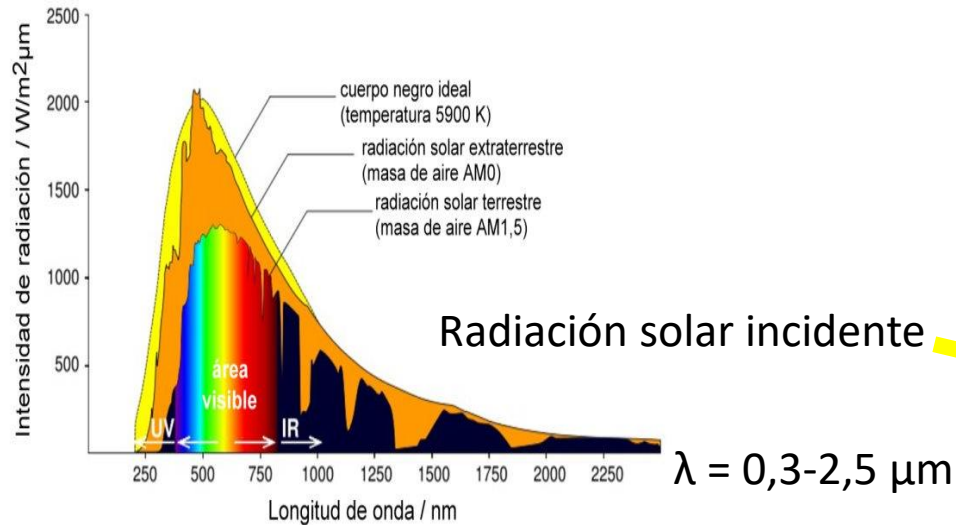
Caracterización en el caso de Madrid

<https://proyectomatemad.ietcc.csic.es/>

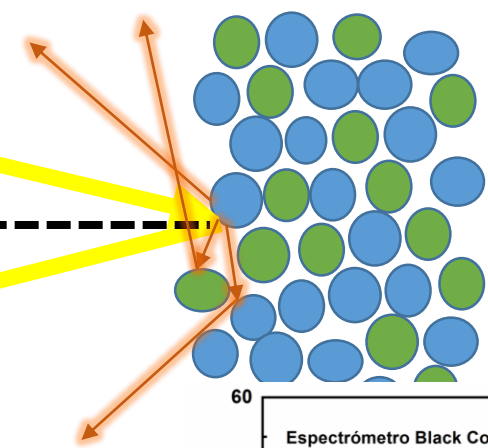


Selección de materiales que gestionen adecuadamente la energía solar  
Caracterización de reflectancia en el rango solar ( $\rho_s$ ) y emisividad ( $\epsilon$ )

- de materiales en uso como acabado exterior en áreas urbanas vulnerables de Madrid
- de materiales disponibles en el mercado e innovadores para estas aplicaciones



Material opaco

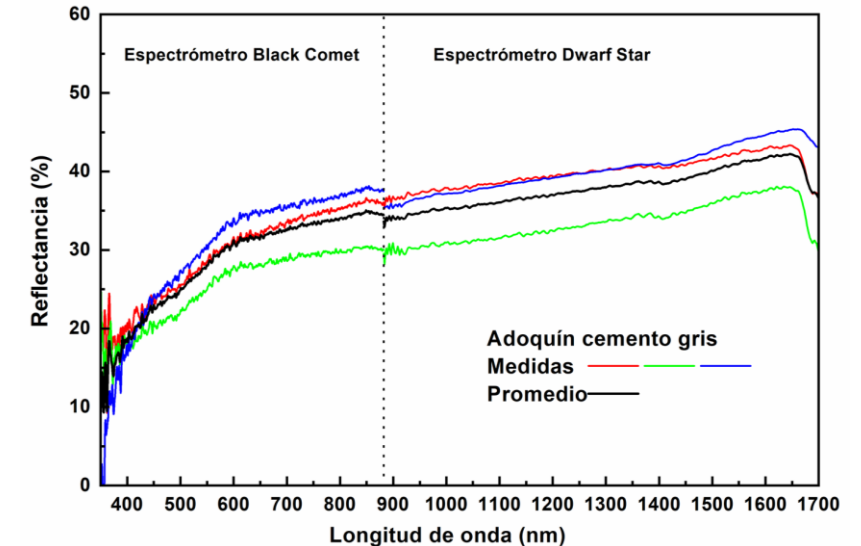


Reflectancia especular: con el mismo ángulo que la incidente

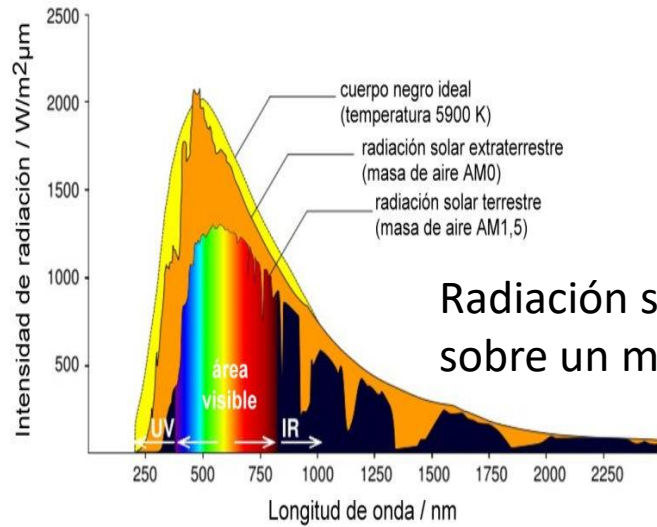
+

Reflectancia difusa: en distintas direcciones por superficie irregular y composición inhomogénea

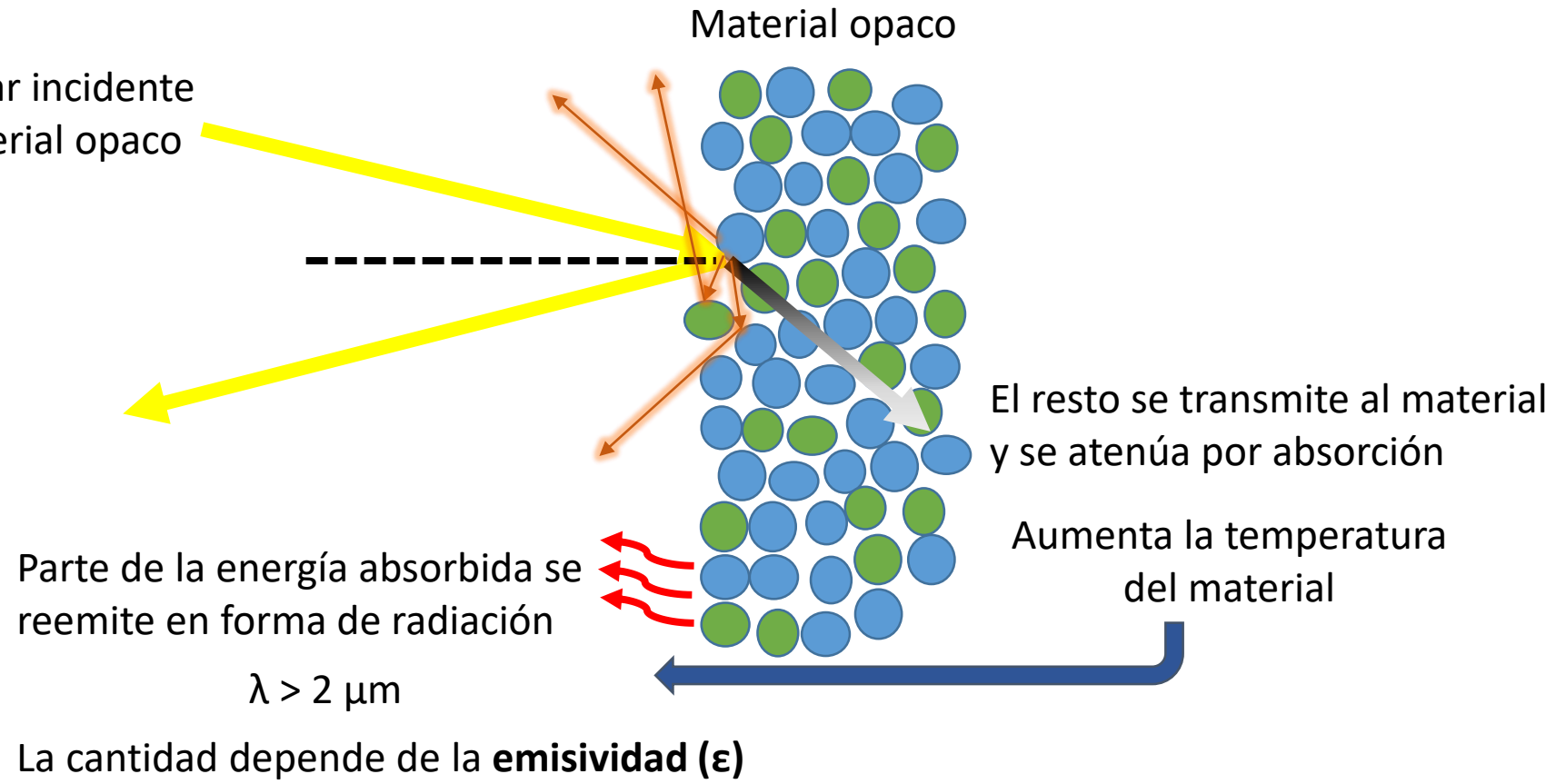
Reflectancia total en el rango solar ( $\rho_s$ )  
Especular+difusa en  $\lambda = 0,3-2,5 \mu m$



# INTRODUCCIÓN



Radiación solar incidente sobre un material opaco





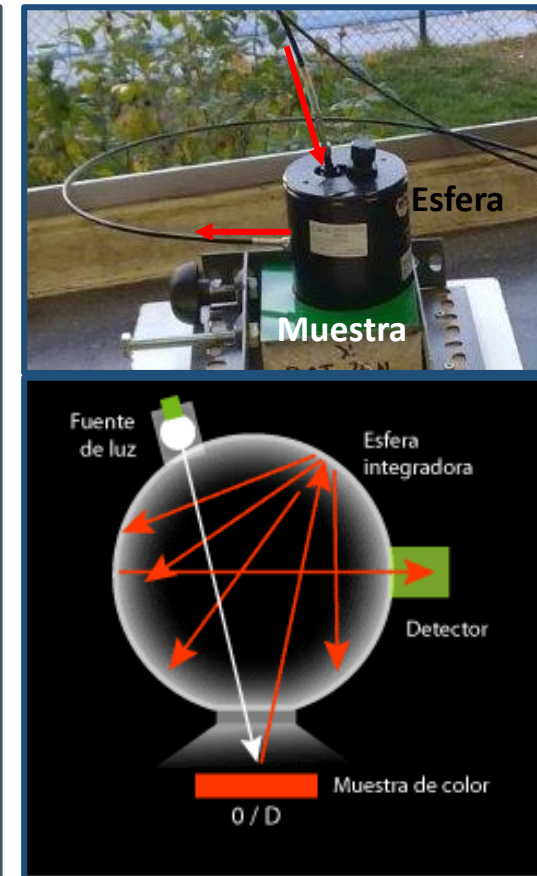
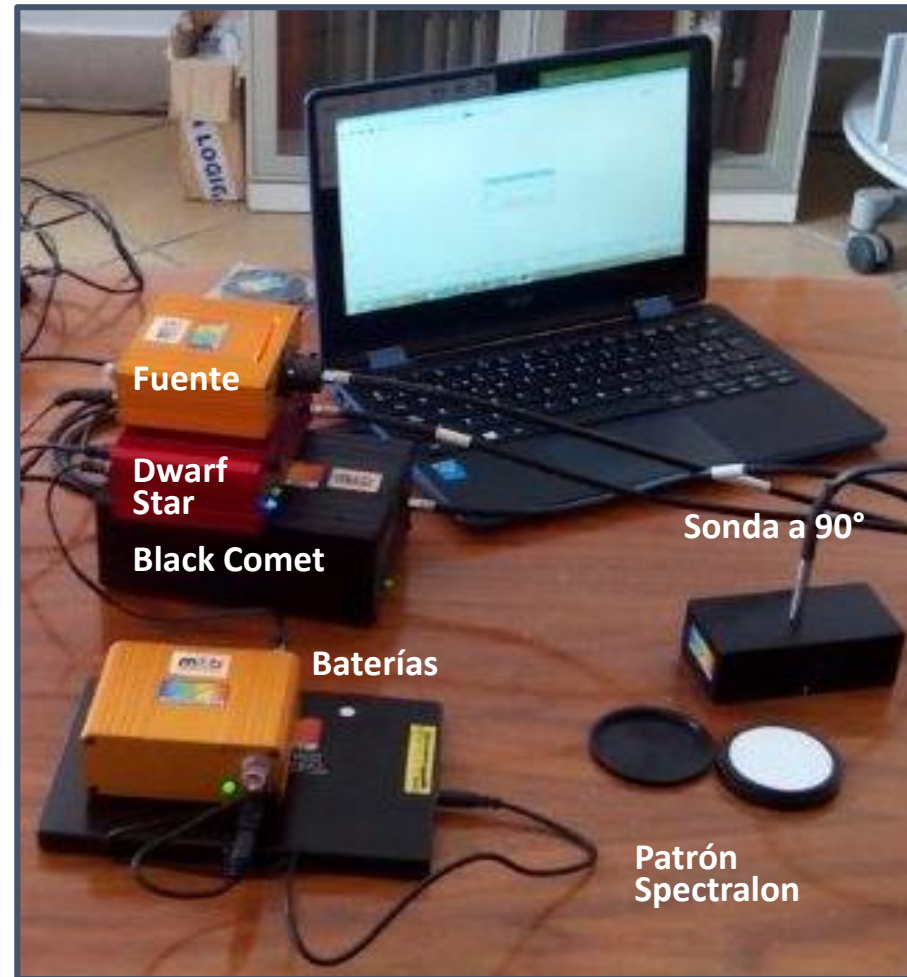
Para caracterización in-situ se deben utilizar equipos portátiles: tamaño y peso reducidos, robustos y medidas rápidas

Sistemas de medida más sencillos con una fiabilidad menor

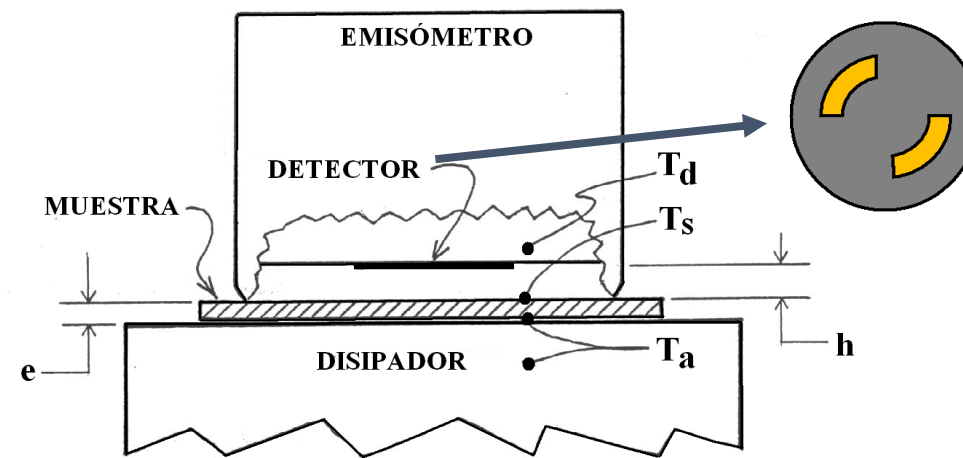
**Analizar la capacidad del equipamiento portátil disponible para obtener medidas fiables de  $\rho_s$  y  $\epsilon$  tanto in-situ como en laboratorio**

# EQUIPAMIENTO

## Espectrómetro de fibra óptica para medidas de reflectancia en el rango solar ( $\rho_s$ )



## Emisómetro para medida de emitancia



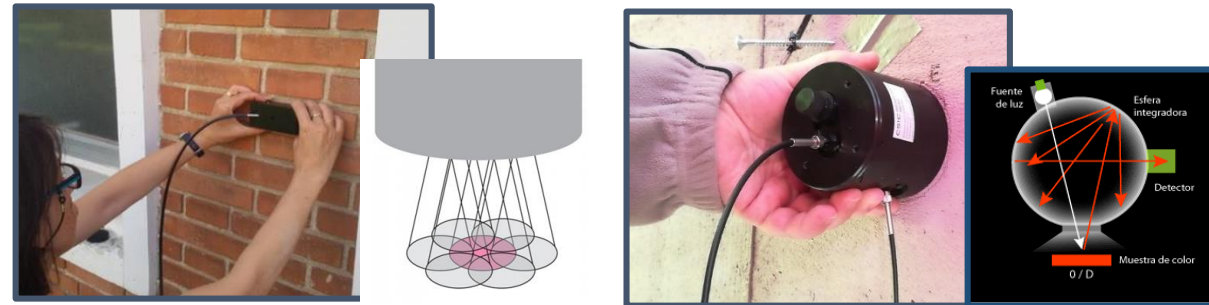
Volantino y Cornejo. Avances Energías  
Renov Medio Amb 14 (2010) 08.31

El equipo calienta la zona de detección mediante una corriente eléctrica (90 s) Proporciona la emitancia hemisférica total a 65°C en una escala de voltaje previamente calibrada con patrones a la misma temperatura que la muestra.

# MEDIDAS DE REFLECTANCIA

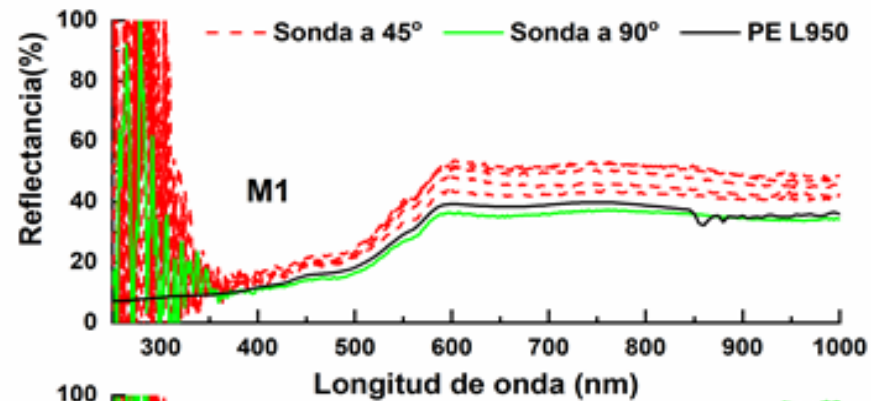
## Selección del sistema de medida de reflectancia: esfera vs sonda de reflectancia

Para caracterización in-situ se deben utilizar equipos portátiles: tamaño y peso reducidos, robustos y medidas rápidas

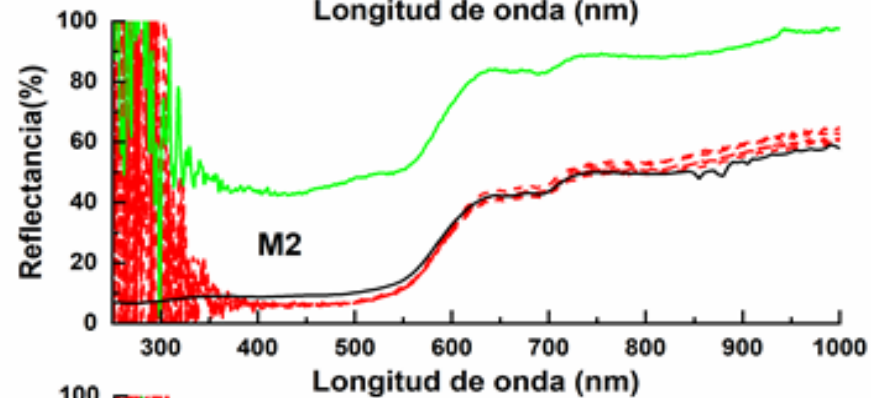


	Sonda de reflectancia	Esfera integradora
Geometría de medida $\rho_s$	No normalizada	Normalizada
Tamaño y peso	Aceptable	Aceptable
Robustez	Media (fibras de diámetro medio)	Baja (fibras de diámetro alto)
Tiempo de medida	Bajo (alta señal)	Alto (baja señal)

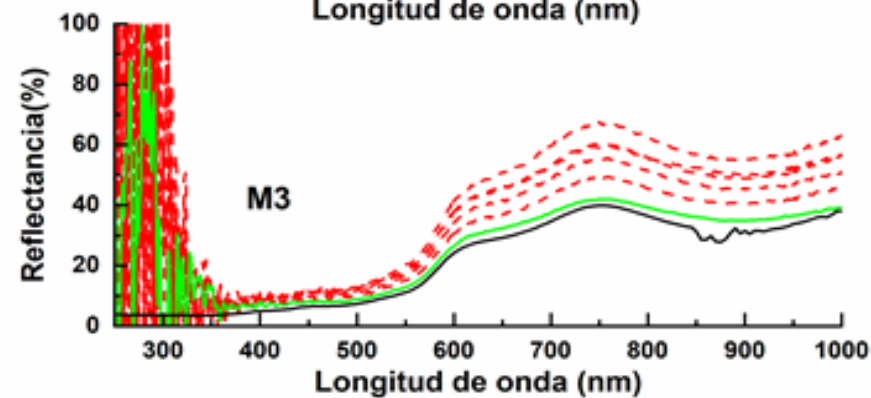
# MEDIDAS DE REFLECTANCIA



Mortero rugoso ocre

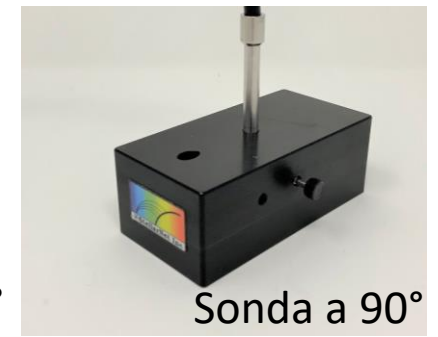


Baldosa lisa caldero

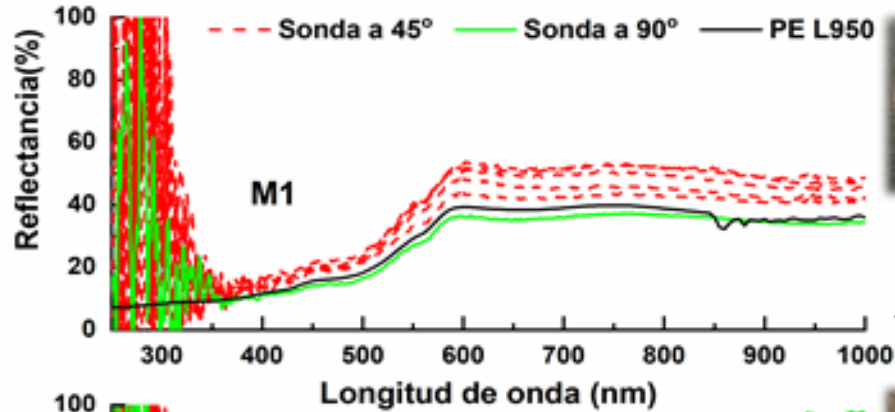


Mortero rugoso caldero

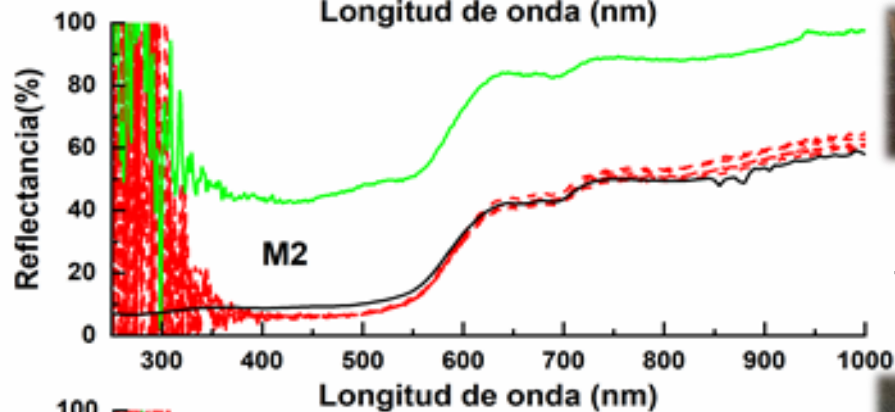
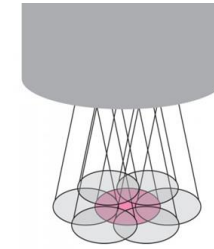
## Orientación de sonda de reflectancia



# MEDIDAS DE REFLECTANCIA



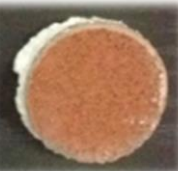
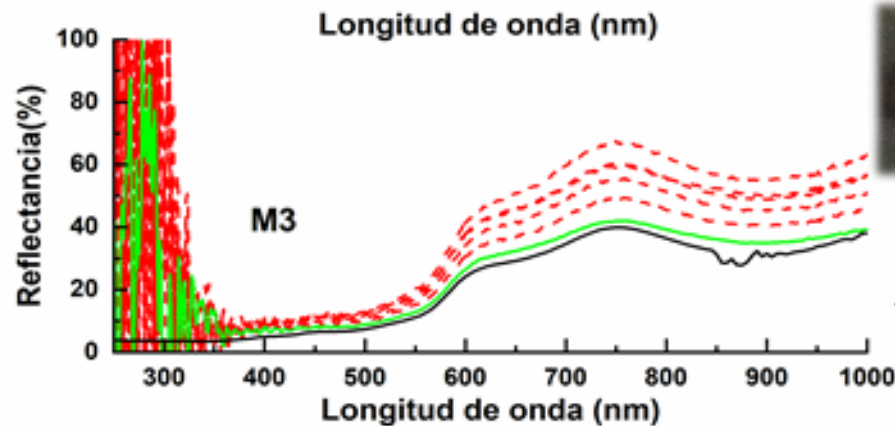
Dispersión significativa entre medidas  
Reproduce espectro de referencia a 90°



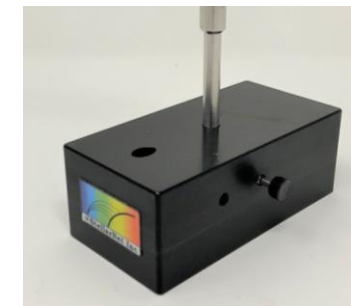
Dispersión menor entre medidas  
Reproduce espectro de referencia a 45°



Muestras lisas  
Alta R especular



Dispersión significativa entre medidas  
Reproduce espectro de referencia a 90°



Muestras rugosas  
Alta R difusa

## Medidas de reflectancia in-situ

Materiales opacos habituales en superficies urbanas de barrios vulnerable en la ciudad de Madrid

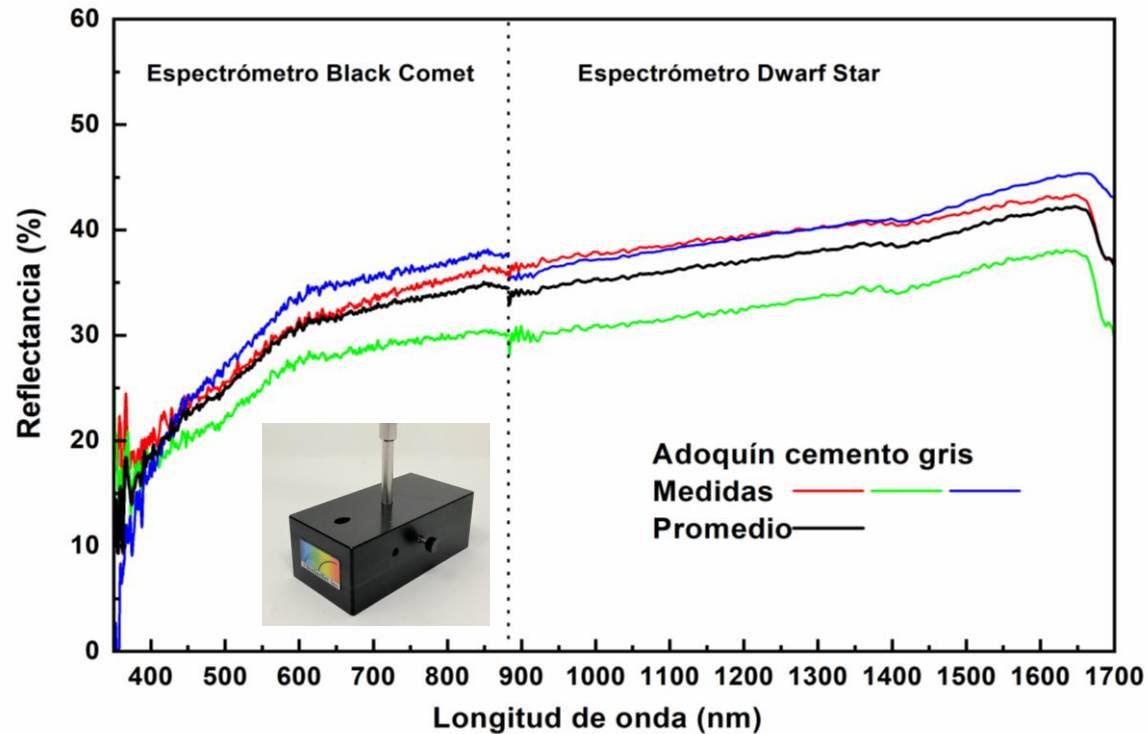
Sonda de reflectancia a 45° o a 90° en función de la rugosidad

Optimización de medidas:

- Evitar calentamiento del equipo por incidencia de radiación solar
- Minimizar la manipulación de las fibras ópticas
- Asegurar apoyo estable del soporte de sonda sobre superficie a medir



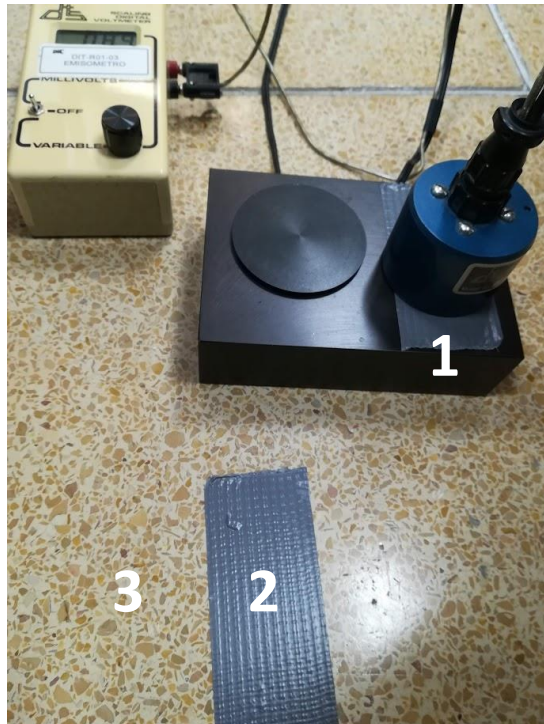
# MEDIDAS DE REFLECTANCIA



Dispersión por inhomogeneidad de la superficie  
Salto de señal entre los dos detectores

Es posible la caracterización óptica in-situ de materiales urbanos  
Se debe profundizar en la metodología de medida con equipos portátiles

Materiales con espesor alto y baja conductividad térmica se calientan durante la medida



Medida en tres pasos:

1. Cinta adhesiva sobre el disipador del calor
2. Misma cinta sobre la muestra, deslizando el medidor a distintos puntos
3. Superficie libre de la muestra, deslizando el medidor a distintos puntos

Medida de emisividad de adoquín en laboratorio

	$\epsilon_i$
Cinta adhesiva sobre disipador	0,88/0,89/0,89/0,89
Cinta adhesiva sobre adoquín	0,90-0,88-0,88-0,90-0,88-0,88
Adoquín	0,93-0,91-0,92-0,93-0,94-0,94-0,93-0,93-0,93-0,93

Estabilización aceptable de la medida

Inconvenientes por resolver:

- Tiempo de medida muy alto para medidas de campo
- No tiene batería externa
- No se almacenan los datos

- Para medida de materiales con el espectrómetro de fibra óptica se debe utilizar la configuración con la sonda de reflectancia a 45° en el caso de muestras con superficie predominantemente lisa y a 90° en el caso de que la superficie sea rugosa.
- Para obtener medidas de reflectancia in-situ más fiables de los materiales urbanos, se debe evitar el sobrecalentamiento del equipo mediante elementos de sombra, minimizar la manipulación de las fibras ópticas y asegurar una buena colocación del soporte de la sonda sobre la superficie a caracterizar.
- El emisómetro portátil disponible permite la caracterización de muestras de los materiales en el laboratorio. Sin embargo, presenta inconvenientes importantes para la caracterización in-situ de los materiales urbanos. Se deben por tanto explorar otros equipos disponibles en el mercado que puedan ser más adecuados para esta aplicación.

Proyecto 21GRD03 PaRaMetriC  
“Metrological framework for passive radiative cooling technologies”  
Partnership in Metrology – Metrology for Green Deal (2021)  
Coordinado por INRiM (Italia)  
Inicio en octubre 2022

- Se prevé comparar medidas de laboratorios acreditados con las obtenidas in-situ con instrumentos portátiles.
- Se identificarán los errores que conlleva el uso de los instrumentos comerciales que están disponibles para estas aplicaciones.



Ávila, del 27 al 29 de septiembre de 2022

Muchas gracias por su atención

[gperezaq@ietcc.csic.es](mailto:gperezaq@ietcc.csic.es)



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID



Proyecto PID2020-114873RB-C31  
financiado por

